

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

前言

本篇研究主要以 ERP 的實證研究探討日語詞序的變異。由於日語在詞序上的自由程度相對於英語等嚴格詞序的語言要來得大，因此對於日語詞序的變異與語句理解的深入瞭解在腦神經語言學的研究架構下便得以突顯其意涵與價值。本研究主要以兩個實驗進行探討。實驗一當中，作者發現相較於句首主語的結構而言，句首的受事實語 (accusative objects) 只有當後接韻律邊界 (prosodic boundary) 時，才會導致語句處理的耗能成本 (processing cost) 有所增加。另一方面，實驗二中作者以視覺演示的方法進行雷同的實驗操作，但相同的效果只發生在受事實語而非與格賓語 (dative objects) 的結構組上。上述的結果證實了作者們的假設，他們認為大腦在詞序處理上所依據的是一連串交互關係的機制 (relational mechanism)。簡而言之，賓語為首的結構，依賴的是句首的賓語本身線性化組合的屬性為何，以及後接論元的線性化組合的屬性來進行語句處理上運作。此外，由於日語是可省略主語 (pro-drop) 的語言，因此在沒有 prosodic boundary 的結構中，句首的受事實語結構可視為是主與省略之下的形式，在這種情況下整句結構將視為只有一個論元，那麼後面不會預期有其他論元的存在，因此也沒有線性化組合 (linearization) 的問題。反過來說，韻律邊界或是以視覺呈現的分節點 (segmentation) 則意味著賓語先於主語的詞序結構，因此會導致論元地位 argument prominence (後面會談到) 與線性詞序兩者之間的不相稱。這種情況在句首賓語的論元地位較高時可得到弭緩 (highly prominent，例如，根據本文主張，與格賓語在雙論元結構中可得到較高順位的論旨角色)，作者認為，這種機制的表徵在賓語為首的結構中，本質上和前人研究主張的 dependency processing 是有所區別的。

<<Introduction p. 133>>

不同語言對於詞序的變異程度容忍性有所不同。我們熟悉的英語具有相對嚴格的詞序要求，但像是土耳其語、俄語、日語和德語等語言皆可容許賓語先於主語的結構。因此，詞序交換對於腦神經語言學在語句理解上的探討便有其重要可言。以往相關研究主要聚焦於這種詞序變異在理解及處理上所形成的耗能成本特性。總體而言，主要可以從賓語和主語起首的結構在神經中樞活化上的差異得到佐證。此外，則是透過兩者在 ERP 研究上的顯性差異進行驗證。有一假設是，賓語為首的結構需更多的 working memory 負載，因此導致耗能成本的增長。就理論上來說，生成語法學派認為主賓顛置的結構起於賓語由基底位置 (base position, 就是後接於主語後) 透過變形位移至句首產生的結果。因此，語句理解勢必涉及重建詞序的底層形式。在語句處理時，除非賓語再次回溯至基底位置，在此之前必須擱置於 working memory 中。換言之，直到賓語能再次語原本的空語類 (empty category) 聯繫之前，必須暫存於工作記憶區。

<<p. 134 第二段>>由以上論證可知，我們基本上的假設是有一個預設的詞序限制，其他所有的派生結構全部都會導致額外的耗能成本產生。這個想法對於語序限制較高的語言可說是其來有自，像是英語。但若是換成詞序變異容許性較大的語言呢？有兩點值得討論。首先，在過去的研究中證實了，即便都是賓語為首的結構，對於不同的句式結構所能觀察到的效果也會有所不同。此外，也有例外顯示，就算是在處理賓語為首的結構時，也沒有產生額外的耗能成本。因此，作者提出的問題是，在何種情況下會導致賓語為首的結構影響耗能成本的增加？而我們大腦的處理系統是如何來進行辨識的？

<<p. 134 的 1.1.1>>接下來要以文獻回顧的方式討論 EPR 在賓語為首結構上的發現。之前許多 ERP 的相關研究主要以德語的情況為主。以非歧義性賓語為首的句式為探討對象的研究中，可發現詞序交換的現象可能不只由單一的神經中樞機制所控制。在德語以賓語為首的結構中，可分為兩種：prefield 以及 middlefield。所謂的 prefield，是指位於子句首位置 (也就是在主要子句中，先於第二順位的限定動詞之前的位置)，並且可容許單一句法成分 (例如名詞組或介詞組) 的域位。而所謂的 middlefield，是指位於子句中段，並定限於主要子句的限定謂語左側，或從屬子句的補語化成分左側，以及子句末動詞分詞或詞綴的右側 (等一下會看例子)。與 prefield 不同，middlefield 可容納一個以上的句法成分。和本篇主題相關的是，賓語為首的結構會因 prefield 或 middlefield 的不同而有所區別。看到 p. 134 右方例子 1 的 prefield 例子，prefield 的句首賓語在過去的研究中證實會引發 sLAN effect。另外其他研究也有顯示在第二論元或子句末動詞的地方產生 P600 的現象。sLAN 通常被解讀為賓語為首的結構引發額外的工作記憶負載所導致，但是 P600 的情形則被視為是賓語在 trace 位置或次類劃分動詞的位置整合時所誘發的現象。德語在 prefield 的發現和英語及日語的對照彼此可相比擬。接下來看到下方例子 2 的 middlefield 例子，研究顯示起首賓語 post-onset 約 300 至 500 毫秒時會引起 focal negativity。這個效應在分布上有所不同，從腦前額葉到頂中區都有。根據不同的研究被標示為 LAN 或是不規則負波 (scrambling negativity, 由於分布介於 LAN 和 N400 之間)。德語的研究証實 prefield 和 middlefield 導致不同的影響，這代表在研究主賓顛置的結構時，大腦處理系統不僅會考慮賓語的第一論元而已，起收賓語所在的子句範圍及其屬性也是重要的指標之一。

<<p135 1.1.2>>德語 middlefield 的 ERP 研究更進一步顯示，賓語為首的結構不一定絕然會導致額外的 local processing cost。舉例來說，當起首賓語為代名詞時，這時候並未觀察到任何 scrambling negativity。Bronckessel 在 2002 的研究中指出當與格賓語位於補語化成分後方時未有任何 scrambling negativity。由此可知，似乎有一連串詞序規律的組合影響了德語 middlefield 的線性化成分架構，可看到 p135 的例 3。起首賓語所導致的 scrambling negativity 似乎被這些詞序約束律所左右。例如 3b，代名詞組先於非代名詞組似乎凌駕於 3a 的普遍規律。同理可證，起首與格賓語可被視為最高地位的論旨成分，或是句中唯一的論元成分。因此，違背 3a 的

結果可由 3e 的定律所中和，又如果是句中唯一的論元成分，那麼就根本沒有線性化組合可言，因此也不會有違反問題產生。由上述的研究可知，德語 middlefield 的起首賓語顯示了語句處理不僅跟賓語在那個子句的範圍有關係，更和賓語本身的屬性有關。此外，若沒有觀察到 scrambling negativity 的現象和我們剛才所說的 3 這些規律有關，這似乎暗示了存在一種關係紐帶的機制，因為這些規律代表的是好幾個論元成分的相對線性化組合，而非單一論元成分的絕對位置。因此，scrambling negativity 與起首賓語與後接成分彼此之間的屬性關係有關。這個理論假設也能解釋 prefield 的特性，因為既然 prefield 只能容納一個成分，那麼也就無所謂不同屬性優先順序彼此之間的交互關係，所以我們可預期 prefield 的起首賓語不會有 scrambling negativity。

<<p. 135 1.2>>上述的 relational mechanism 對於日語而言有更多有趣的變因存在。雖然日語和德語有許多相似之處，例如 SOV 詞序、顯性的格位標記、論元順序可有所變異等，不過日語並無相對的 prefield 存在，因此我們可以推論在單一子句中的主賓顛置 (local scrambling) 可以和德語的 middlefield 相對照，而非 prefield。此外，和德語不同日語屬於 pro-drop 語言，主語省略非常普遍 (Martin 2003) 且受事實語為首的結構中僅 2% 有表層主語的存在 (宮本&中村 2003)。換言之，在日語的 online sentence processing 時，若遇到受事實語為首的結構，則可能是主賓置換的句式，或是主語省略。由於在主語省略的句式中，只有一個論元，所以根據我們之前的結論，不會有 scrambling negativity。反言之，主賓顛置的結構中則會有。

<<p. 136>>接下來要跳到另一個新的主題。過去的研究證實主賓顛置的詞序與特定的韻律邊界彼此有正向相關。Hirotsu 在 2005 的研究中，指出部分聲學特性，例如 pre-boundary lengthening，對於韻律邊界前方的成分會有所影響。因此，若句首賓語的位置包含韻律邊界的存在，則可預期大腦處理系統偵測並判定為一個主賓置換的結構。但由於韻律邊界只會偵測 scrambled word order，而不會凌駕於基本的主賓詞序規律，因此我們可以預期韻律邊界的出現將伴隨 scrambling negativity。反過來說，如果消去韻律邊界，作者假設大腦系統將認定為主與省略的結構，在這種情況下，只有一個論元，所以不會產生 scrambling negativity。這個假設主要在實驗一中驗證。進入實驗一之前，作者再次強調雖然之前的 ERP 研究也包含相關問題，但先前的研究皆是用視覺演示的方法進行測驗，且皆不包含句首直接受格和句首主格的交叉比較。

<<p. 136 2. 實驗一>>承接上一節的論證，實驗一主要在測驗日語主賓置換的結構中，只有包含韻律邊界的句式才會產生不規則負波。作者在實驗設計中透過一連串交叉變項的設置，包含論元順序 (標示為 ORDER，包括主賓順序或賓主順序) 以及聲調 (標示為 INTON，包括有韻律邊界和無韻律邊界)。這四個條件變項產生的問題組合標示在下方的表一。為了避免第一論元置於句首影響測驗結果，所有組句據守皆以時間副詞加替，這樣一來也較好與之前的德語研究進行對照。本實驗假設有三：首先，針對包含韻律邊界且賓語為首的結構，作者預期在第一個格位標誌的位置觀察到 scrambling negativity。反過來說，如果沒有韻律邊界，則作者假設就不會有 scrambling negativity 的發生。作者的預期是，韻律邊界會調制格位標記的 processing 運作，即便該成分在音訊流中先於停頓音之前。第二，針對主語為首的結構，作者預期一旦在第二論元的位置完成詞類的辨識 (在此也就是名詞組)，則將會觀察到 N400 的現象。這個假設是比照先前德語的研究，其顯示 NP2 的位置觀察到 N400 的發生。在德語的情況中，句首的受事實語將導致處理系統認定後方勢必有存在主格成分，也就是第二論元的出現。另一方面，主格為首的結構則可能代表不及物形式的句式 (例如: Peter slept)，這時句中只有一個論元，這種分析對大腦系統而言是最簡單也最唾手可得的剖析形式。在此情況下，將不會預期會有第二個論元的存在。但是日語不同之處在於，日語允許 pro-drop，所以句首受事實語不一定會導致第二論元的預期心理。但不管如何，賓語為首的結構和主語為首的結構仍有不同之處，就在於對於及物句式的判定與否。所以作者仍假設在 NP2 的位置將觀察到 N400 的現象。這個假設是基於語意上的推測而非句法上的推測，也就是主體及物性的認定。最後，作者預期包含韻律邊界的句式將與不包含的句式在 ERP 上有不同的結果，並認為這個現象得以在詞組邊界上的正波標示中得到驗證。

<<p. 137 2.1>>接下來 2.1 與 2.2 實驗設計、對象與統計結果的部份由於比較瑣碎，我會精簡講過，到 2.3 討論的部份再進一步說明。2.1.1 受試者的部分，共有 24 日語母語話者，平均歲數 28.2 歲，均無足以影響實驗上的身理障礙。排除錯誤回答後測驗回合低於五成以下的受試者結果最後將予以排除。2.1.2 在材料部分，80 個字組包含一時間副詞、兩組常見名詞組及一及物動詞，以過去式丁寧語表示。另外有 320 個干擾句，共計 640 句。每個受試者每一變項共測試 40 句加上 160 個干擾句。其中包含理解問句以測試受試者應答的正確率。受試者被要求正確句改以問句回答，錯誤句則改成正確的詞序回答。2.1.3 在聲學分析方面，作者主要在測試韻律邊界的制約是否成功。包含韻律邊界的 NP1 總體音長較長，NP1 和 NP2 之間的停隔較長，而 NP1 之後包含重設音高，可從 p. 138 的圖 1 看出，未包含韻律邊界的 F0 下降趨勢較大，代表 pitch reset 的特徵。ANOVA 統計顯示，各詞組長度達到韻律邊界前的 lengthening 效果，NP2 的 F0 開端和最大值在不同變項組之間，包含韻律邊界的有無，達到顯著效果 ($p < .001$)，這些結果佐證韻律邊界的成功制約。2.1.4 程序的部份，每回合結束顯示米字號定影，是非理解問句則以視覺演示呈現。2.1.5 在腦波電儀錄製和預先處理方面，本實驗為了防止 ERP 恒定相位延遲的短暫信號歪扭因而沒有進行基線校正¹，這對語音訊流而言很重要，因為安插在單詞組前端的聽覺刺激不可能每次都完全一致，因此作者透過篩選器設定，可排除緩慢漂移分量並保留與語言處理相關的 ERP 動能。2.1.6 統計分析，

¹基線校正主要就是信號的分解與重構與低頻小波系數置零，則其參數選取主要為小波基和分解層數的選取。

也是透過 ANOVA 分析不同變項之間的反應時間和錯誤率，除了 ORDER 和 INTON 之外，再加入 ROI (目標區域)，並以側電極和中線電極進行解析。若分子的自由度²超過 1 則以 HF 值³進行校正比對。

<<p. 139 2. 2 結果>>在 behavioral 方面，統計結果發現賓語為首的句式錯誤率比主語為首的句式高，且反應時間也較長，顯示賓語為首的結構在理解上較為困難。在 ERP 方面，主要偵測 NP1 和 NP2 格位標記的 onset，並檢驗句末動詞和句首副詞。在 NP1 方面，為了要檢驗句首賓語是否有 scrambling negativity，測 NP1 格位標記的 onset 的總平均。從 p. 140 頁的圖 2 可以發現，2A 在約 120 至 240 毫秒有一個廣泛分布的負波存在，但在 2B 相同位置上則無。另外，結合四者，可發現約在 500 至 1000 毫秒有一個正波(圖 2 正中央 CPS)。ANOVA 的相關檢測在所有的變項中都是顯著的。不過就 INTON 和 ORDER 的交叉比對與 INTON 的變項來看，包含韻律邊界這組的結果在 ORDER 的變項取得了顯著的結果，但沒有韻律邊界的則否。這代表的是，賓語為首的結構中只有包含韻律邊界的第一格位標記的位置上才有增加了額外的耗能成本，和作者當初的假設一致。在第二時幀上，賓語為首的結構組較主格起首的對應組而言產生較多的正向波，這個現象在側電極和中線電極雙方皆如是一致。接下來，在 NP2 方面，主要是測 onset/詞類辨識點及格位標記的結果，顯示在 p. 141 圖 3。可以發現在第一個格位標記出現到 NP2 的 onset 之間，有很明顯的正波(CPS)產生，受到韻律成分的控制。在詞序方面，作者認為 ERP 結果頗為分散，可能受到詞類判定的影響，因此作者檢驗所有 NP2 詞類識別點的結果，這個方式簡而言之，就是以測試日語人士在那個關鍵時點之後對於 NP2 不能再有動詞上的判定的時間點。看到 p. 142 圖 4，就 WCRP 而言可發現主語先於賓語的結構相較於賓語先於主語的結構可觀察到 early negativity。此外，作者也驗證了 NP2 格位標記的 onset，因為這個十幾點是主賓或賓主詞序完全得到辨識的時間點，相關的 ERP 結果顯示於 p. 143 圖 5。從圖 5 可以發現，相對於主語為首的結構，賓語為首的結構在約 200 至 350 毫秒時可觀察到正波產生。這個現象在包含韻律邊界的結構中更加明顯。就檢驗 NP2 所在 early time windows 時，可觀察到 INTON 的效應在此時幀內更加顯著。p. 144 圖 6 可看出，有一較遲的負波同時產生在包含和沒有包含韻律邊界的結構，尤其是在頂葉區，約在 650 到 1050 毫秒期間。不管是中線或側電極在 ORDER 和 INTON 的變項皆顯示顯著結果。

<<p. 142 2. 3 討論>>實驗一的結果証實了賓語為首的結構只有在韻律邊界的情況之下才會產生 scrambling negativity。這變相証實了 scrambling negativity 的發生起自一個交互關係作用的 relational mechanism。在日語中，典型詞序之下得起首賓語可被視為是省略主語的結果。另一方面，韻律邊界的出現則提供大腦處理系統一個線索，就是句首的賓語是主賓錯置的現象。從實驗一結果發現，只有包含韻律邊界的結構才有 scrambling negativity，這証實了作者的假設。另外，CPS 的資訊則佐證了受試者確實有進行韻律邊界的資訊處理。除此之外，實驗一的結果更出現了三大特徵，與 NP1 格位標記有關的正波(400-65ms)、NP2 格位標記有關的正波(200-350ms)，以及隨後出現的一個與動詞 onset 有關的負波(650-1050ms)。這些現象我們到第四節還會進一步討論。雖然實驗一的結果與當初的假設不謀而合，但 scrambling negativity 的潛時時遲皆較短(約 120-240ms)，這個現象通常與 ELAN 有關，ELAN 的現象通常是在違背詞類的情況時才會產生，不過在我們的實驗中並無這類的例子，因此，作者認為所觀察到的這個現象並不能以 ELAN 來作為解釋。這可能有好幾個原因，首先，平均值時點和所提供的 stimulus 的臨界點非常相近。這和過去的許多研究有所分歧，因為過去的研究通常以包含資訊的字詞的臨界值 onset 作為取平均值的點，而不會鎖定到特定的詞素上，不過日語的例子較特別，因為日語的表層詞素和對應功能幾乎是可完全對應的形式，非常明顯。另外，語音的特殊屬性可能也會影響到潛時的差異。例如，較早出現的語音特性，如協同發音等，可能會導致臨界資訊較實際上分節所能推估的訊息要來得早。

<<p. 143 右段一>>和上野&Kluender 2003 及萩原 et al 2007 相比，兩者皆指出 sLAN 在詞序顛倒的句式的現象。不過萩原他們使用的不是受事實賓語和主格的研究，相反的，他們採用的是 topic marker “は”，作者指出其中 sLAN 發生得較早(300-500ms)，因此可能會有人反論說作者的實驗所觀察的 scrambling negativity 是不是實際上是在所謂的這個 sLAN 之後產生的。不過作者反論到，萩原等人所觀察到的 sLAN 實際上反應的是 open dependency 而與詞序差異的處理所產生的成本較無關(後面會討論)。在萩原等人的實驗中，因為這 dependency 耗時較長，所以才能容許 sLAN 的產生。不過值得討論的是，作者起初的假設在於，大腦系統在處理賓語為首的結構時，預設採取的是零成本(cost-free)的剖析，也就說將句首的賓語視為主與省略後唯一的論元，因此，當有韻律邊界出現時，才會導致大腦系統辨識為是主賓顛置的結構。照這個推論來說，若沒有韻律邊界，則大腦理當採取 pro-drop 的剖析形態，因此不會出現 scrambling negativity。然而，矛盾的是，萩原等人的研究顯示有 scrambling negativity，但本研究作者在無韻律邊界的對照組當中則沒有觀察到 scrambling negativity，這是什麼原因？作者解釋說，兩者實驗差異在於，萩原是用視覺演示及採用 topic marker “は”，但本研究則是採用語音串流和主格結構。由於在日語中，不論是 topic marker 或主格都是預設位於句首，所以作者認為導致這個差異的可能性應該來自於實驗方法的不同，這就延伸至實驗二的假設。

<<p. 145 實驗二>>實驗二旨在測試使用視覺演示的方法是否能同樣獲得實驗一測得的結果，因此實驗一的受事實語起首結構和主格結構在實驗二中以分別以視覺演示的方法呈現。此外，為了測試 scrambling negativity 是由

²統計學上的自由度 (degree of freedom, df)，是指當以樣本的統計量來估計總體的參數時，樣本中獨立或能自由變化的資料的個數，稱為該統計量的自由度。

³ Huynh and Feldt (1976) 則認為在小樣本數的研究時，Greenhouse-Geisser Epsilon 較易低估顯著水準，故提出 Huynh-Feldt e。

起首賓語名詞組與後接論元之間的交互關係所制約，實驗二在受事實語結構之外加入了與格賓語的結構，在日語中，兩者分別以不同的格位標記所表示。受事實語與與格賓語兩者的區別可反映在我們之前提出的 relational mechanism，因為兩種格位標記的賓語通常包含不同的線性化組合。從 p. 145 例 5 可以看出德語的與格論元並不會引發 scrambling negativity 的產生。之前也已提及，這可能起因於兩個可能性：與格論元在雙論元結構中可占有最高的論旨角色，另一方面，也可能是句中唯一的論元，請看到下方例 6。不管是哪一種，都可以中和違反主賓詞序結構的規律，因為與格賓語可以被視為比後接主格主語擁有更高地位的論旨角色，因此滿足之前所提到的線性化組合 3e 規律。另一方面，如果句中的與格賓語是唯一的論元，那就不會有違反詞序排列的可能性。這些組合的可能性無法套用在德語的受事實語結構上，因此與與格賓語相反，在 middlefield 左界的受事實語總是會誘發 scrambling negativity。另一方面，看到 p. 145 例 7，與格論元佔有最高地位的論旨角色。因此，在這種無標的句式中，詞續應為與格先於主格出現。即便是在雙論元結構中，位於句首的與格名詞組也不至於會導致詞序規律的違反。實驗二主要以測試與格句式和受事實語句式，組合句列於 p. 146 的表 4。從表 4 可以看出，實驗設定的變項包含 ORDER 及 CASE (與格或受事實語) 兩種。作者的假設有四：首先，如果誠如荻原所言，scrambling negativity 與視覺演示的實驗方法有關，那麼將可預期句首的受事實語句式將可觀察到 scrambling negativity。其次，如前所述，negativity 反應了相對詞序規律在 local domain 所導致的違反律，照這個邏輯推論的話，與格為首的結構應該不會產生任何 negativity effect。第三，與實驗一相同，我們應可預期在主語為首的結構而非賓語為首的結構中，於 NP2 的位置觀察到 N400 的現象。最後，我們之前曾談到實驗一的結果發現在第一個格位標記的位置觀察到正波的存在 (約 400-650ms)，另外第二格位標記也觀察到正波，然而動詞 onset 有一個 late negativity。這三個額外的現象假使與詞序辨識有密切的關係，那麼應該可以預期在實驗二也同樣存在相仿的現象。

<<p. 145 3. 1>>接下來說明實驗二的方法和設計。3. 1. 1 共 24 位受試者，平均年齡 29.5 歲，皆未參與實驗一。3. 1. 2 實驗材料方面，受事實語例句組與實驗一相同，與格組基本上與受事實語組例句相同，僅替換與格動詞。所有例句皆以視覺演示方式呈現。其他實驗設定皆與實驗一相同。3. 1. 3 實驗步驟方面，基本上與實驗一相同。P. 146 頁 3. 1. 3 第 5 行的 bunsetsu 是 phrase 之意。3. 1. 4 腦波電儀方面，基本上運作方式與實驗一相同。3. 1. 5 統計資料方面，同樣使用 ANOVA 分析 ORDER 和 CASE 等兩組變項，並採用龐費洛尼 t 考驗法 (Bonferroni procedure)⁴ 進行 alpha level 的檢定。其他統計檢定方式與實驗一相同。3. 2. 1 從 p. 147 表 5 可以發現，賓語起首的句式較主格起首的錯誤率較大。與實驗一相同，反應時遲不列入統計結果考量。3. 2. 2 在 ERP 資料方面，與實驗一相同，分別針對 NP1、NP2 和動詞進行觀測，這是為了觀察我們先前所談到三項 ERP 資料的部分。首先，在 NP1 方面，看到 p. 147 圖 7，句首受事實語組約在 360-500ms 之間有一負波產生。ANOVA 的結果顯示中線電極及側電極就 CONDITION 變項的結果顯示其為近乎顯著。另一方面，我們可以觀察到後線時幀上包含一個負波，約在 500-800ms 間。在 NP2 的 onset 方面，可看到圖 8。從視圖可看出，三種句式組在 300-500ms 之間有一負波，並且集中在中央和頂葉區。中線電極和側電極的結果皆顯示 ORDER 和 ROI 交叉比對的效應存在。最後，動詞方面，動詞 onset 的 ERP 總均值在 p. 149 圖 9。由圖可知，賓語起首和與格起首的句式在這個位置皆產生了負波現象。中線和側電極的結果皆顯示 CASE 變項的效應存在。另外，中線電極顯示在 650-1050ms 時幀間，對 ORDER 的變項起了明顯作用。側電極的結果亦雷同，且 ROI*ORDER 的 interaction 也十分明顯。

<<p. 149 3. 3>>實驗二的結果再次佐證了實驗一所測得的結果，即僅包含韻律邊界的受事實語句式，透過視覺演示的方法也同樣觀測到了 scrambling negativity。實驗二所觀測到的 scrambling negativity 更加證實了荻原的研究結果受到了實驗方法所影響。此外，實驗二的結果也顯示，句首的與格論元並不像句首的受事實語句式一樣會引發 scrambling negativity。反之，與格賓語為首的句式在 later time window (500-800ms) 之間有觀測到負波發生的現象，但這個效應僅達到邊際顯著性。由此可推論日語與格的文法特性 (能占據最高地位的論旨角色) 是 scrambling negativity 難以成型的主因。這個推論在 ERP 實證上也得到了證實，因為就 scrambling negativity 時幀而言，與格的分布與句首主格和句首受格賓語組兩者的表現皆有所不同。這種被衰減的 scrambling negativity (attenuation，而非完全背中和化) 反映了一個事實，即與格賓語相較於後接主語，可以占據較高或較低地位的論旨角色。所以，作者推論說，在某些測試回合中，大腦系統勢必將與格賓語判定為較低論旨角色的地位，因此才會產生 scrambling negativity 的弱化現象。此外，實驗二也觀察到了句首主語和句首賓語 (包含受事實語和與格) 之間，就 NP2 而言有明顯不同的 N400 效應。這個部分會在第四節進一步討論。實驗二的結果也證實了我們在實驗一所觀察到的一個短暫的潛時，確實是受到 auditory presentation 的影響。因此，在實驗二中以視覺演示的方法進行測驗之下，結果就與前人的研究所測出的結果相仿了。

<<p. 150 第 4 節>>我們現在總體對兩個實驗進行討論。從本研究的兩個實驗可以發現，句首賓語句式所誘發的 scrambling negativity 只有在採取視覺演示或包含韻律邊界的語音演示時才會產生。另一方面，與格為首的句式則沒有這個現象。此外，在實驗一中，賓語起首的句式在 NP1 的位置可觀察到一個廣泛分佈的正波 (400-650ms)，但主語起首的則沒有。而在 NP2，兩個實驗都在主語起首的句式中觀測到了 N400 的現象。然後，在實驗一中，額

⁴ 此法亦稱為杜恩氏多重比較法 (Dunn's multiple comparison procedure)，係利用 LSD 法加以修正而成，故又稱為修正的 LSD 法 (modified LSD)，其特色是將 α 依比較數加以分割。

外觀測到了賓語為首的句式有一個 early positivity 存在。最後，在兩個實驗中，賓語起首的句式在動詞的位置上有一個 late parietal negativity (650-1050ms)。我們接下來會對這幾個現象進行討論。

<<p. 150 4. 1>>如同之前所說，作者認為韻律邊界是大腦系統判斷 scrambled reading 的依據。由於這種句式基本上違背了詞序律，因此會引發 scrambling negativity。若沒有韻律邊界，則受事實語為首的句式可以是據中唯一的論元，所以沒有違背線性化規律的情形，也就不會產生 scrambling negativity。但另一方面，在視覺演示的實驗中，即使韻律邊界出現在第一論元之後，也有產生 scrambling negativity 的現象。這是為什麼呢？作者舉出幾個可能的推論，首先，日語和印歐語系不同，在書寫系統方面，不會以空格區別詞素邊界，如同 p. 150 例 8 所示。作者認為這在 ERP 實驗中會左右受試者進行語句理解的分析，換言之，在視覺演示的實驗中，例句分節的呈現模式大腦系統的操作模式有所改變，也就是說，針對非典型的分節構造，大腦系統將會傾向於判定為屬於 boundary analysis 而非 non-boundary analysis。因此，在實驗中所設定的 NP1，其視覺化的分節構造可能讓大腦系統判定為這是一個詞序互置的構造，與語音演示中安插韻律邊界的結果一致。作者另外列舉土耳其語的文獻，土耳其語和日語有許多類似之處，不同的是土耳其語採用羅馬字母的書寫系統，因此在 Demiral et al (2008) 的研究中，受事實語為首的結構卻沒有引發 scrambling negativity。作者認為這是用來佐證日語針對賓語起首的句式採用視覺演示的方法，而觀察到 scrambling negativity 的例證。由此可知，日語的 scrambling negativity 仰賴 pro-drop、韻律邊界和書寫系統差異 (缺乏字詞邊界) 彼此之間的關係。這個論證對於與格為首的結構也是站得住腳的，即便在雙論元的句式中，由於與格為首的結構，之前已經說過，其實語可以預設占有較高地位的論旨角色，因此大腦在進行與格為首句式的處理時，不會受到諸如韻律邊界或視覺化分節效果這些因素的影響。由此可知，scrambling negativity 不僅會受到子句範疇 (prefield/middlefield) 的影響，還與賓語屬性和後接論元的影響，可見其為一種相對關係的詞序規律所制約。

<<p. 151 4. 2>>我們在兩個實驗的 NP2 位置都觀察到了 N400 的現象，根據 Bronckessel 的理論，這是由於大腦系統未預期遭遇到第二個論元，因此導致處理上產生額外的耗能成本。這個假設與之前研究所發現，大腦處理預期的成份會產生 N400 的結論是一致的。由此可知，這是一種採取語意預測性的手段 (因為主要是預測 event 是否及物或不及物)，這個現象在日語中更明顯，由於日語是 pro-drop，所以句首的賓語不能作為後面必然有一個主語接續在句尾的前提，而日語又和德語相同，句首的與格或受事實語都代表了及物的結構，但句首主語卻可被視為是單純的非及物結構，所以當主語為首的結構卻碰到後方接著一個論元存在，就必須讓大腦系統重新從及物轉為非及物的剖析，因此才會導致 N400。

<<p. 151 4. 3>>在實驗一當中，我們之前曾經提到 NP1 (400-650ms) 和 NP2 (200-350ms) 的格位標記 onset 有產生 positivity effect 的現象，就 NP2 而言，可能與 dependency resolution 有關。除此之外，NP2 實際上同時包含了 dependency resolution (反映在正波的產生) 和主語為首的及物性 (反映在 N400 的產生) 有關，因為同時仰賴 NP2 不同的詞彙屬性 (詞類與格位標記)，就視覺演示而言，由於 NP 的元素同時呈現在受試者眼前，所以很難像語音串流的實驗那樣，將這兩種元素清楚地區別開來。因此，在視覺掩飾的實驗中，賓語為首的結構，其因 dependency resolution 所產生的正波，和主語為首的結構所引發 N400，兩者可能彼此被 mask 掉。之所以要題這個的原因是，作者認為 Fiebach et al (2002) 研究中提到主語為首和賓語為首的結構，差異在於 400-700ms 之間產生的正波，不過考慮到我們剛才提出的論證，其實兩者的差異可能並不在正波而是負波。另一方面，就 NP1 而言，可能與 NP2 對照，既然 NP2 是 dependency resolution，NP1 則可能是起自於 dependency formation。作者認為，由於這個 effect 在有無韻律邊界的結構中都有出現，因此這可能跟 dependency 的類型無關 (也就是說，不是錯置的受事實語的論元在 surface position 和 base position 之間的依存關係)，而是說這種依存關係似乎是所有賓語為首的結構都存在的，因為受事實語為首的結構就代表了屬於及物形式的句式，所以勢必可預期後方的第二個論元出現，而且受事實語通常被視為 undergoer/proto-patient 論元，而這正好與 actor/proto-agent 論元彼此具有依存關係。由此可見得，這是一種語意上的 dependency，而且這種形式的 dependency 和句式的結構無關，而是只要存在受事實語就會出現。但是，光是純粹採定 dependency formation 的想法，仍無法解釋為何只有實驗一的 NP1，而非實驗二的 NP1 才有正波的產生。在此，作者再次強調，這個原因可能還是得訴諸於實驗方法的關係。由於日語的格位標記屬於後綴，所以在語音串流中，大腦系統會先遇到名詞，然後才是它的格位詞綴，在此同時這個名詞的定位可能早就先有了初步的判別，由於我們預設的立場是越簡單越好，所以最適化的 reading 就是擁有最少 dependency 的 reading，也就是 NP1 當作主格。然而當第二個論元出現時，這個立場就必須被推翻，由此推論的話，是這種立場轉換的說法 (成本較高) 較能解釋，而非 formation dependency。如果說真的是 dependency formation 才導致這個現象的話，那麼我們應該如視同仁可以在視覺演示的實驗中發現這個現象存在，然而事實卻不是這樣。由於視覺演示的實驗，受試者一眼就可以判斷出格位標記為何，也就不會有所謂的立場轉換，因此才沒有耗能成本增加的情況產生。

<<p. 152 4. 4>>我們之前曾經談到有一個 late posterior negativity 在實驗一和二的動詞的位置上，這個發現

⁵ Dependency is a one-to-one correspondence: for every element (e.g. word or morph) in the sentence, there is exactly one node in the structure of that sentence that corresponds to that element. The result of this one-to-one correspondence is that dependency grammars are word (or morph) grammars. All that exist are the elements and the dependencies that connect the elements into a structure.

和荻原和上野&Kluender 的研究結果是一致的。兩者的研究都指向一個事實，就是這個負波的發生與處理非典型詞序所產生的額外成本有關。此外，由於這個現象通常只存在於 matrix verb，因此前人的研究便認為這是為了要重新連結不同子句之間的語法關係和論旨角色，因此才產生的。然而作者卻有不同的意見：首先，前人的研究指出活化通常分布在 anterior，但本研究卻是 posterior maximum。其次，本研究的潛時比前人研究的要來的久 (650ms 對 400-700ms)。由於這個現象出現在所有賓語為首的句式中，可見得這個耗能成本不受句式結構影響。作者認為不論是否產生 scrambling negativity，都會有這個現象。

<<p. 153 4. 5>>從以上的討論可知，作者認為詞序處理的模型是基於一連串規律的交互作用所形成的。在本研究中，作者指出是句首賓語所在的子句範疇 (反映出 NP1 產生的負波)、event 的及物性 (反映在 NP2 的 N400)，及 dependency formation and resolution、句首賓語的 global processing costs，這四個現象的交互作用之下所形成的。<<第二段>>作者認為與 dependency 相關的耗能成本無法用來解釋 scrambling negativity 的分布，因為 dependency formation 不是所有的受事論元都可以觀察到，而且也不是所有的句首賓語結構都可以觀察到。作者提出的這個想法，和過去的研究有所分歧，因為過去研究主要都強調這種額外的成本是起源自 syntactic dependency，不過作者認為這只是其中一種說法，因為如前所述，還必須考慮 thematic dependency (undergoer/actor)。<<第四段>>雖然說 dependency-based approaches 可以解釋句首賓語的 dependency formation 和基底位置的 dependency resolution，以及其所伴隨的耗能成本，但是這仍然沒有辦法解釋說為何同樣屬於句首賓語的結構，有時候會產生 scrambling negativity 有時候卻不會。因此作者提出的一種理論假設，意在指出 scrambling negativity 的發生與一種論元階級順位的 prominence 有關，這個假設被列在 p. 153 的 9。作者認為，語句理解時，論元的處理會參照 prominence 的排序來進行，單一詞序或 prominence 被違反就會產生 scrambling negativity，而且這個現象在第一論元時就可以偵測到。作者認為這個理論的解釋性很高，首先，排除這個假設，其他理論針對 scrambling negativity 的出現都與 dislocation 有關，但是在德語中，代名詞通常被視為是為了先於其他論元產生，而必須移位到 middlefield 的左側 (dislocated)，但這種例子中卻沒有任何 scrambling negativity 產生，因此 dislocation dependency 無法解釋這個現象。<<p. 154 第一段>>因此，為了解決這個問題，就必須額外附加定義一種無標的詞序為何，而且指明何種論元可以占據於無標的詞序句式中，不過目前為止並未有任何理論模型可以支持這種想法，而且還必須考慮到論旨角色等非據法成分的因素存在。最後，neuroimaging 的研究顯示句法和其他包含語意的詞序處理因子確實是在相同的 neural region 中，即所謂的島蓋部 (Pars opercularis)。作者提出的 prominence 階層架構 (論元 prominence 和詞序的不相稱導致的額外成本) 也實際上有 ERP 和 fMRI 的證實。不過這不代表作者就不承認詞序顛倒會導致 working memory 的負載，兩者是不相衝突的，作者還提到 sLAN (working memory cost) 和 scrambling negativity 屬於不同質的，因為 scrambling negativity 出現不一定伴隨 sLAN 的存在，而且 scrambling negativity 也不一定是 left-anterior。最後，作者提到 linguistic sequence (序列) 最適化的處理順序是手頭上所有可行的成分皆符合剛才提到的階層順位，也就是說依據 prominence 的順位進行排序，所以，scrambling negativity 可以被視為是因為 form (sequence) 和 meaning (prominence) 不相稱所導致的結果。

<<p. 155 5>>結論就是，scrambling negativity 受到賓語格位、實驗方法和韻律顯現的制約。且 scrambling negativity 的機制實際上與之前研究所說的 dependency formation and resolution 無法完全移植。總而言之，scrambling negativity 可是為詞序處理的 relational mechanism 的佐證。

<<p. 152 introduction>>先前的研究證實左腦後下端額葉腦回 (left IFG=broca's area) 在處理句法語句時扮演重要的角色。除此之外，近來的研究也指出同樣的區域在語意處理，如有情性成分 (animacy)，也扮演一定的角色。然而，對於何種語句構造尤其在左半腦特殊區域的神經活化特別明顯，截至現今仍沒有定論。就英語而言，非典型的語句構造在表層形式上可以明顯觀察到，例如 WH 問句中助動詞向前移位，因此可以預期這樣的句式包含較為複雜的結構組成。然而，如前所述，德語和日語都容許詞序自由化的現象，因此本篇研究要探討的就是在這種語言中，對於 scrambling effect 對於腦神經關連性為何。<<段二>>雖然日語主賓顛置的詞序可能包含語用上的意義，但在語意上詞序的自由組合並不會引起歧異。因此，過去一直認為日語屬於 nonconfigurational 語言結構 (Hale 1983)，不過自 1980 年代後，主流逐漸傾向認為日語屬於 configurational。日語 OSV 的結構可被視為兩種組合型態，一種是賓語提前先於主語出現，另外一種則是 VP 中賓語外移留下 trace，因此這種詞序是由點行 SOV 所派生而來，也就是說，後者的結構形態較前者在句法構造上更為複雜。<<p. 153 段二>>scrambling 現象就東亞語系的語言而言，有其獨特之處，首先，就日語來說，沒有 verbal agreement，而且可以跨越子句邊界。由於日語不像德語一樣，有發達的動詞屈折形態，因此論旨角色和格位就顯得更加重要。此外，德語的 scrambling 屬於 domain-sensitive，只能在相同子句範疇內，但日語似乎不限於此。<<段三>>另一方面，我們也可以從 behavioral data 得到日語屬於 configurational 的證實。作者在此提出的論證主要都在強調 scrambling 結構需要更長的反應延時。如同我們先前提及的，對於這個現象大部分的研究主要訴諸於 filler-gap dependency。機制如下：大腦 parser 在語句處理時，會先將句法成分暫存於工作記憶處理區當中，直到遇到基底位置的 trace 時，才會提取原先暫存的資訊。作者更指出，這和 frequency effect 無正向關連，雖然 frequency 可降低語句處理的成本，但卻無法完全中和 scrambling 的效應。<<p. 154 段三>>就英語而言，前人研究指出賓語提前的變形句式

促使 broca 區域的活化增加。不過在德語的研究中，broca 區域被證實除了處理句法成分外還包含語意成分。在日語中，雖然上野&Kluender 的研究再 ERP 方面有些成果，但 ERP data 卻無法展示腦半球區域的活化分布。因此，若 scrambling 確實需要更為複雜的處理程序，則本研究將可觀察到左腦後下端額葉腦回額外的活化跡象。

<<p. 155 2>>2.1 實驗共 36 個東北大學的受試者，平均年齡 20.8 歲。2.2 實驗材料和設計，參考 p. 156。共四種組合，CS 代表典型詞序結構，SS 是 scrambling 句式，另外有單詞表的組合 (WL) 和 Rest condition (R)。測試句以整句的形式呈現，受試者必須判斷句子的合法性與否，其中語意的非法性只會在動詞的位置上被偵測到，以防止受試者在動詞出現前預先推測。在 WL 方面，共 42 個序列字串，每組包含三個 NP 及相同的格位詞綴，或是三個過去式動詞。其中三個皆相同的詞被定義為 correct，兩正一反則是被定義為 incorrect。受試者必須判斷三個詞組是否一致。最後，R 則是 fixation cross。可看到 p. 157 的圖 1。在 fMRI 資料分析上，同樣是用 ANOVA 進行四種變相組合的反應時遲、錯誤的統計分析。皮質活化的計算是分別以 CS 減去 R 代表典型詞序，及 SS 減去 R 代表 scrambling 組。<<p. 157 3.1>>behavioral 結果方面，看到 p. 158 圖 2。變項皆顯示統計顯著。在錯誤率方面，CS/SS 及 SS/WL 呈現顯著，但 CS/WL 組則否。圖像資料方面，看到 p. 159 圖 3，從 CS/R 及 SS/R 可看出，活化區域主要分布於雙側額下回 (bilateral inferior frontal gyri) 和顳中回 (middle temporal gyrus)。在 WL/R 組中，沒有觀察到顳中回的活化，反而是 CS/R 和 SS/R 有。一般而言，顳中回和詞彙語意及語句處理有關，但 WL 是測試一致性，所以不涉及這些作用。在 CS/WL 和 SS/WL 對照組中，可看到左腦後下端額葉腦回 (IFG)、左腦顳中回 (MTG) 和左腦顳上回 (STG) 的活化。至於 CS 和 SS，除了這些區域外，broca 和 wernicke 也有活化現象。這代表 scrambling 和典型詞序所涉及的活化區大致一致。MTG 活化代表語句處理，因此 WL 則無觀察到。最後，在 CS 對 SS 及 SS 對 CS 的重疊對照上，發現前者沒有包含任何區域，但後者則包含左腦 IFG 和左前額葉 (DIFC) 的活化現象。這些現象可以看到 p. 162 的圖 4。

<<p. 159 4. 討論>>由於作者的前提是 scrambling 為變形句式演變而來，所以需要更多的額外處理，如 gap-filling parsing。本實驗的研究因而支持 scrambling 基於 filler-gap dependency 而產生更多皮質活化現象。<<4.1 左腦後下端額葉腦回>>本實驗的結果映證左腦後下端額葉腦回的活化現象起於處理 scrambling 所依據的 filler-gap dependency。此外，實驗所觀察到的活化現象集中於單半球，這與之前的研究結果一致。<<p. 162 段二>>除 filler-gap dependency 之外，語意階層 (Agent 先於 Non-Agent 的詞序比較容易理解)、格位階層 (主格相對於非主格的詞序較簡單) 和有情性 (有情性先於非有情性的詞序)，這些都是必須額外考量的因素，在許多先前的德語研究中，都提及了這些因子的實證性。<<p. 163 段二>>不過，我們仍無法直接將德語的結果移植到日語的例子。因為在 Bronckessel 2005 研究中，所有 scrambling 都在嵌入子句 (embedded clause) 中，雖然日語也包含這種例子，但同時日語也容許主要子句的 scrambling，德語則否。本次實驗採用的是簡單及物句式，並非嵌入子句，因此德語得到的結果相對而言無法直接套用在日語上。簡言之，作者主張 scrambling 在日語中屬於非典型句式，因此需要更多的認知負載。荻原&Caplan1990 也提到了 broca's aphasics 對於 scrambling 的理解度較典型詞序還得低，這似乎佐證了 filler-gap dependency 的合理性。

<<p. 163 4.2 左前額葉>>左前額葉功能向來可分為二，首先，與語句處理有關。其次，與 verbal memory load 有關。Cohen et al 1997 提到，任務的難易度或是工作記憶量的增加與左前額葉或左背外側前額葉皮質的活化有關。作者認為，左前額葉的活化與 scrambling 加深的語句複雜度有關，從 SS/WL 對 CS/WL 的情況便可看出。由此可知，增量分析的記憶負載會隨著判斷整句句式的視覺辨識而有所增加。除了 scrambled 賓語的因素外，隨著是覺辨識的增量，可能會導致工作記憶負載量的擴大，因此導致左前額葉的活化激長。<<5. 結論>>本研究指出左腦後下端額葉腦回的活化與 scrambling 句式所乘載的句法複雜有關。另外，本研究也支持 broca's area 負責的乘載機制是橫跨語言的現象。